

TÉCNICAS DE ANÁLISIS APLICADAS A DATOS LONGITUDINALES EN PSICOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA SALUD: PERÍODO 1985-2005

Roser Bono*, Jaume Arnau* y Guillermo Vallejo**

*Universidad de Barcelona. **Universidad de Oviedo

Este trabajo examina el uso de los principales modelos de análisis aplicados a datos longitudinales en el ámbito de la psicología y medicina. Para ello, realizamos una revisión bibliográfica de los artículos publicados durante el período 1985-2005 en PsycInfo y Medline. Se observa que la cantidad de estudios longitudinales aumenta siguiendo el mismo patrón que en la revisión realizada por Singer y Willett (2006). Los resultados muestran que, en los últimos años, se da un mayor uso de los modelos multinivel con el consecuente decremento de los modelos clásicos. En cuanto a las técnicas aplicadas a datos no métricos, la regresión logística presenta un fuerte aumento. Otra clase de modelos como, por ejemplo, los modelos de ecuaciones estructurales, el análisis de series temporales y el análisis de supervivencia son menos utilizados. Sin embargo, en psicología se constata un ligero incremento de los modelos de ecuaciones estructurales y en medicina se produce un aumento de los análisis de supervivencia a finales del período analizado.

Palabras Clave: Estudios longitudinales, Análisis de datos longitudinales, PsycInfo, Medline, Revisión bibliográfica

This paper examines the use of the main analytical models applied to longitudinal data in the contexts of psychology and medicine. We carried out a bibliography review of articles published during the period 1985-2005 in PsycInfo and Medline. The quantity of longitudinal studies increased, following the pattern reported in Singer and Willett's review (2006). The results show that linear mixed models expanded a great deal in the last years, and that the use of the classical models declined. In relation to techniques applied to nonmetric data, the use of logistic regression increased notably. Other varieties of models, such as structural equation models, time series models, and survival models, were used less. However, towards the end of the period studied, the use of structural equation and survival models for analyzing longitudinal data was becoming increasingly popular in psychological and medical research.

Key Words: Longitudinal studies, Longitudinal data analysis, PsycInfo, Medline, Literature review

Pocas han sido las temáticas que, desde la perspectiva metodológico-estadística, hayan concitado tanto la atención de los investigadores como los estudios en que se toman medidas repetidas de las mismas unidades de observación. Estos estudios se caracterizan por disponer de observaciones secuenciadas, tanto en función de tratamientos como en función de intervalos de tiempo. Cuando las medidas repetidas se examinan desde la perspectiva experimental, la misma variable de respuesta es observada repetidas veces bajo condiciones de tratamiento distintas. Se sigue esta estrategia para reducir la variabilidad del error, dado que el efecto de los tratamientos se evalúa por la respuesta media de los sujetos a los distintos tratamientos. Si, por el contrario, las medidas repetidas son examinadas desde la perspectiva temporal, entonces lo importante es analizar los datos en términos de algún proceso de cambio como, por ejemplo, maduración, crecimiento, aprendizaje, etc.

A propósito de la relevancia del procedimiento de medidas repetidas y con base a un trabajo de tabulación sobre los métodos estadísticos usados en las revistas de la *American Psychology Association* (APA), Edgington (1974) constató que este

procedimiento es muy frecuente en investigación de la conducta. Desde un punto de vista histórico, el procedimiento de medidas repetidas se circunscribió en el contexto experimental, de modo que toda discusión acerca de los modelos de análisis se referían a datos experimentales (Fitzmaurice, Laird y Ware, 2004). No obstante, a pesar de la directa vinculación de la técnica de medidas repetidas a los trabajos experimentales, ha de tenerse en cuenta, como aspecto interesante, el gran impacto de lo longitudinal a partir de los años setenta (Cnaan, Laird y Slasor, 1997; Diggle, Liang y Zeger, 1994; Gregoire, Brillinger y Diggle, 1997; Verbeke y Molenberghs, 1997). Cabe destacar también, que los estudios longitudinales se han orientado, dentro del ámbito de la psicología del desarrollo, hacia el estudio del cambio intra-individual de la conducta (procesos de cambio del individuo a lo largo del tiempo) y hacia el estudio de las diferencias inter-individuales en los patrones de cambio intra-individual (Baltes, Reese y Nesselroade, 1988; Datan, Greene y Reese, 1986; Wall y Williams, 1970). Un trabajo de mención obligada, considerado como pionero, es el de Nesselroade y Baltes (1979) que, enmarcado dentro del campo evolutivo, reúne una serie de aportaciones acerca de la metodología y, especialmente, del análisis de datos longitudinales. A ello hay que añadir un considerable interés, en la década de los ochenta, por la investigación longitudinal dentro del ámbito de la salud mental, con objeto de resolver temas co-

Correspondencia: Roser Bono Cabré. Departament de Metodologia de les Ciències del Comportament. Facultat de Psicologia. Campus Mundet. Universitat de Barcelona. Passeig de la Vall d'Hebrón, 171. 08035-Barcelona. España.
E-mail: rbono@ub.edu

mo la historia natural de tipos concretos de desorden (Butler y Golding, 1986; Gjessing y Karlsen, 1989; Nicol, 1985; Schulsinger, Mednik y Knop, 1981; Watt, Anthony, Wynne y Rolf, 1984).

En el campo de la medicina se constata también, a partir de la década de los ochenta, un incremento de los estudios longitudinales. Esta prioridad por lo longitudinal, provoca una discusión sobre el significado del término. Para la mayoría de investigadores, principalmente epidemiólogos y demógrafos, es sinónimo de estudio de cohortes o seguimiento en el que se realizan más de dos mediciones a lo largo del tiempo (Chin, 1989; Last, 2000). Desde este momento, hay un aumento de trabajos que plantean procedimientos de análisis para este tipo de datos en estudios clínicos (Dwyer, Feinleib, Lippert y Hoffmeister, 1992; Landis, Miller, Davis y Koch, 1988; Louis, 1988; Twisk, 2003; Ware y Lipsitz, 1988; Zeger y Liang, 1992).

Dado al creciente interés por el estudio de los procesos de cambio asociados al paso del tiempo, Singer y Willett (2005) en una revisión realizada en 10 revistas de la APA muestran que en 1999 el 33% de estudios publicados fueron longitudinales y en 2003 el 47%. En este mismo estudio, los autores llevan a cabo una búsqueda anual entre 1982 y 2002 del descriptor "longitudinal" en nueve bases de datos de la plataforma OVID que cubre distintas disciplinas científicas. Se detecta un incremento sustancial en medicina, biología y física. En cambio, en ciencias sociales, como sociología y economía, al igual que en agricultura y zoología, tan sólo se constata un ligero aumento. En psicología, el incremento también es importante, aunque inferior al observado en el ámbito de la medicina que es en donde hay mayor cantidad de estudios de carácter longitudinal. Estos datos corroboran el espectacular avance de las publicaciones de carácter longitudinal. Las causas que justifican este incremento de trabajos longitudinales en contextos aplicados son, esencialmente, dos: en primer lugar, el desarrollo de técnicas de análisis avanzadas y, en segundo lugar, la amplia disponibilidad de programas informáticos. Esta doble circunstancia, avance en modelación estadística y perfeccionamiento de los programas computacionales, hace que los diseños longitudinales hayan captado el interés de los investigadores, particularmente en aquellas áreas donde el estudio de los procesos de cambio ocupa un lugar relevante, como en ciencias sociales, psicología, psicoterapia y epidemiología.

Más recientemente, Bono y Arnau (2007) al comparar el número de estudios longitudinales con los transversales o estudios en que se toma medidas de un solo punto del tiempo, registrados en la base de datos *PsycInfo* durante el período 1985-2005, hallaron que hay una mayor cantidad de investigaciones longitudinales. Por tanto, tal como indicaron Singer y Willett (2003) existe, en la actualidad, una mayor demanda de investigación longitudinal aplicada. Además, apare-

cen no sólo estudios donde la característica más importante es la repetición de medidas de respuesta de la misma muestra de sujetos a través del tiempo, sino también estudios transversales de medidas repetidas donde en cada observación se utilizan muestras distintas de sujetos provenientes de la misma población (Ruspini, 2002). Si se compara el enfoque propiamente longitudinal con el transversal de medidas repetidas, se constata que el primero es más eficiente, más robusto a la selección del modelo y, estadísticamente, más potente (Edwards, 2000; Helms, 1992; Zeger y Liang, 1992).

En contraposición con la emergencia de lo longitudinal, todavía estamos lejos de disponer de una terminología común o definitivamente estandarizada (Edwards, 2000). Nótese, por ejemplo, que términos como diseño o estudio longitudinal suelen ser sinónimos de diseños de medidas repetidas, de panel, de cohortes, etc. Así, dentro del campo sociológico, donde se trabaja con diseños de encuesta, los estudios longitudinales son referidos por estudios de panel, mientras que en el ámbito epidemiológico y demográfico, los estudios longitudinales son sinónimos de estudios de cohortes o de seguimiento.

En la actualidad, cada vez es mayor la necesidad de los diseños longitudinales. En consecuencia, la literatura metodológica ha alcanzado un considerable progreso en la discusión de los métodos apropiados para manejar datos longitudinales. Aún así, para la mayoría de científicos de las ciencias de la salud, el análisis estadístico de datos de medidas repetidas presenta una serie de problemas como, por ejemplo, la dependencia de las medidas, la pérdida de sujetos, etc., lo cual significa que el progreso en la metodología longitudinal ha pasado desapercibido para muchos científicos aplicados. Un factor, apuntado con anterioridad por von Eye (1990), que ha contribuido a esta falta de atención de los métodos estadísticos en el ámbito aplicado es la carencia de instrucciones de cómo utilizar los programas de ordenador disponibles para aplicar las nuevas técnicas; de ahí que todavía existe una brecha entre los avances de los métodos estadísticos y su aplicación a las investigaciones empíricas. Con objeto de analizar como va disminuyendo tal distancia y a raíz del estudio de Singer y Willett (2005, 2006) donde se muestra un incremento de lo longitudinal en el ámbito de la psicología y medicina, presentamos una revisión bibliográfica durante el período 1985-2005 de las bases de datos *PsycInfo* y *Medline*. En concreto, el objetivo principal de este trabajo es conocer qué modelos de análisis se han aplicado a datos longitudinales a lo largo de estos años y cuál ha sido su tendencia en psicología y ciencias de la salud.

ESTUDIOS LONGITUDINALES Y MODELACIÓN ESTADÍSTICA

Los diseños longitudinales sirven para estudiar los procesos de cambio directamente asociados con el paso del tiempo. A pesar de su uso cada vez más frecuente en ciencias sociales y de la salud, son varias las dificultades que solemos encontrar al analizar datos longitudinales. En primer lugar, el análisis es

más complejo debido a la dependencia entre las medidas repetidas de la misma unidad observacional. En segundo lugar, el investigador no puede controlar, en muchos casos, las circunstancias bajo las que se obtienen las medidas repetidas, de modo que a veces los datos son incompletos debido a la pérdida de puntuaciones y/o de sujetos (Davis, 1998; Menard, 1991). A esto ha de añadirse el hecho de que por lo general, en investigación aplicada, los intervalos de tiempo no suelen ser constantes (Hox, 2002). Por último, en estudios de seguimiento, es común la pérdida de datos, particularmente cuando se extienden a lo largo de varios años. Se trata del fenómeno conocido por desgaste muestral (Capaldi y Patterson, 1987).

En lo que atañe a las técnicas de análisis, es posible seguir diversos procedimientos. Aunque los datos longitudinales han sido analizados con modelos tradicionales, como el análisis univariante de la variancia (ANOVA) y el análisis multivariante de la variancia (MANOVA), estos modelos presentan serias dificultades. La principal limitación es el requerimiento de datos completos y balanceados. El modelo ANOVA, con más tradición dentro del ámbito psicológico y clínico, sirve para efectuar comparaciones entre los intervalos de tiempo. Su principal ventaja para el análisis de datos longitudinales es la simplicidad técnica, aunque presenta limitaciones dado que, habitualmente, los datos son no-balanceados y se produce correlación entre las medidas repetidas. Ello afecta a la estimación de los errores estándar, con la consecuente inflación de la tasa de error de Tipo I (Goldstein, 2003; Murray y Short, 1995). Un procedimiento alternativo al ANOVA para datos de medidas repetidas es el MANOVA. Las observaciones de medidas repetidas, al estar correlacionadas, es posible considerarlas como multivariadas y, en consecuencia, analizarlas como tales (Rogan, Keselman y Mendoza, 1979). A diferencia del ANOVA, el MANOVA no parte de un supuesto específico sobre la matriz de covariancia. El único supuesto es que en el caso de diseños de más de un grupo, la matriz de covariancia ha de ser común a todos los grupos. Cuando las matrices de covariancia entre grupos no son iguales, se produce una grave violación en el uso de procedimientos multivariados. Si a esto se añade tamaños de muestra desiguales, el problema se agudiza. Téngase en cuenta que la desventaja del procedimiento multivariado es su menor sensibilidad para detectar el efecto de las variables intra en comparación con el procedimiento univariado. Más aún, cuando se cumplen las condiciones de la matriz de covariancia (esfericidad y, en el caso de más de un nivel entre-sujetos, igualdad de las matrices de cada nivel), el ANOVA convencional es más potente que el MANOVA (Albert, 1999; Morrison, 1976; Rogan et al., 1979; Stevens, 1996). Además, con el MANOVA no se tienen en cuenta las relaciones entre las medidas repetidas y, precisamente, modelar los perfiles de las respuestas medias es lo que más interesa desde la perspectiva longitudinal.

Con objeto de afrontar las dificultades de análisis de datos de medidas repetidas expuestas anteriormente, extensibles a los modelos de análisis que incluyen covariables como el análisis de la covariancia (ANCOVA), la regresión múltiple y el análisis multivariante de la covariancia (MANCOVA), se han desarrollado modelos de análisis más apropiados a esta clase de datos. Si a esto añadimos el uso de instrumentos de cálculo más potentes, se cuenta en la actualidad de métodos eficaces para el análisis de datos longitudinales.

Durante los años setenta y principios de los ochenta, en el contexto de las ciencias sociales surge un intento por aplicar, a los datos longitudinales, la metodología de análisis basada en los modelos de ecuaciones estructurales (Blalock, 1971; Goldberger y Duncan, 1973; Jöreskog, 1979; Kenny, 1979). En la década de los setenta se desarrollan también los modelos de series temporales, cuya incorporación al ámbito social se debe a Glass, Willson y Gottman (1975). Actualmente, en el contexto aplicado, los análisis de series temporales tienen por objeto evaluar el impacto de una intervención, como pueden ser las campañas de mejora de la calidad de vida, programas nuevos a gran escala o los efectos de instaurar una nueva ley (Stolzenberg y D'Alessio, 2003; White, 2003). En este sentido, la aplicación de los modelos de series temporales constituye un importante desarrollo metodológico para la evaluación de programas. Con estudios de seguimiento dentro del ámbito de las ciencias de la salud, especialmente en ensayos clínicos, cabe destacar los análisis de supervivencia (Marubini y Valsecchi, 1998; Parmar y Machin, 1995). Durante los últimos años también se han desarrollado varias soluciones encaminadas a suavizar los problemas causados por la violación de los supuestos relativos a la distribución de probabilidad del error (Keselman, Carriere y Lix, 1993; Vallejo, Arnau y Ato, 2007; Vallejo y Ato, 2006).

Recientemente, en ciencias sociales e investigación sanitaria se constata un creciente interés por los modelos mixtos, conocidos también por modelos de efectos o coeficientes aleatorios (De Leeuw y Kreft, 1986; Longford, 1993), modelos multinivel (Goldstein, 2003; Hox, 2002; Snijders y Bosker, 1999) y modelos de curva de crecimiento (Goldstein, 1989). En el estudio realizado entre 1995 y 2001 de los artículos publicados en *Medline* sobre modelos multinivel en el campo de la salud, Catalán-Reyes y Galindo-Villardón (2003) constatan una tendencia en aumento. Gran parte de los trabajos publicados utilizan el análisis multinivel en investigaciones sobre salud pública (Diez-Roux, 2000) como, por ejemplo, estudios demográficos (Entwisle, Mason y Hermalin, 1986), investigaciones de servicios sanitarios (Leung, Elashoff, Rees, Hasan y Legorreta, 1998; Rice y Leyland, 1996; Sixma, Spreuwerberg y van der Pasch, 1998), evaluación de intervenciones (Forster et al., 1998; Hedeker, McMahon, Jason y Salina, 1994), estudios sobre adiciones (Wang, Siegal, Falck y Carlson, 1998) e investigaciones acerca de determinantes

sociales que inciden en la salud (Kaplan, 1996; Kennedy, Kawach, Glass y Prothrow-Stith, 1998). Este incremento es debido a que una de las principales ventajas de los modelos mixtos, respecto a las técnicas clásicas, es la especificación de la correcta estructura de covariancia de los datos observados, lo que conlleva más potencia estadística al probar los efectos del estudio (Gill, 2000; Kowalchuk, Keselman, Algina y Wolfinger, 2004; Wolfinger, 1996).

Por último, cuando la variable dependiente es de naturaleza no métrica, las alternativas son los modelos logísticos, los modelos mixtos generalizados y los modelos basados en las ecuaciones de estimación generalizada (Fitzmaurice, Laird y Rotnitzky, 1993; Hosmer y Lemeshow, 1989; Kuchibhatla y Fillenbaum, 2003).

En este trabajo sólo nos centraremos en la evolución de la cantidad de publicaciones que utilizan los correspondientes modelos de análisis, sin detallar sus características específicas ni las conclusiones que pueden derivarse de la aplicación de los mismos. Cada enfoque requiere una determinada metodología así como un especial programa de software, particularmente los modelos de ecuaciones estructurales, el análisis de series temporales o modelos ARIMA y los modelos mixtos cuya incorporación al análisis de medidas repetidas es más reciente. Tampoco abordaremos los distintos programas estadísticos disponibles.

MÉTODO

Se ha realizado una revisión bibliográfica de enero de 1985 a diciembre de 2005 de los artículos científicos citados en las bases de datos *PsycInfo* y *Medline PubMed*. Actualmente, en la primera están indexadas 2.276 revistas de psicología y psiquiatría de la APA y la segunda, producida por *The National Library of Medicine* y *The National Institutes of Health*, incluye 33.781 revistas relacionadas con investigación médica y práctica clínica.

Debido a la falta de normalización de los descriptores para designar las técnicas de análisis, según el autor o especialidad, en la búsqueda se han utilizado palabras claves sinónimas con objeto de no pasar por alto artículos relevantes. Así es el caso de los modelos multinivel, los modelos de ecuaciones estructurales y los análisis de series temporales que son designados de distinta forma.

Se ha seleccionado el descriptor *longitudinal* combinado con los descriptores: ANOVA, MANOVA, ANCOVA, MANCOVA, *multiple regression*, *mixed model*, *random effects model*, *multilevel model*, *growth curve model*, *structural equation model*, *latent growth model*, *latent class model*, GEE, *logistic regression*, ARIMA, *time series analysis*, *survival analysis*, *Cox regression* y *hazard model*. A su vez, estos descriptores se han cruzado con los años de publicación (1985-2005). De este modo, se han calculado los porcentajes de artículos publicados según los distintos descriptores y el año de publicación.

RESULTADOS

La Figura 1 muestra los porcentajes de artículos identificados con la palabra clave "longitudinal" en *PsycInfo* y *Medline* durante los años 1985-2005. En la base de datos *PsycInfo*, se observa una tendencia creciente de los estudios longitudinales en el período 1985-1997 y un leve descenso entre 1998 y 2003 que se recupera a partir de 2004. Respecto a la base de datos *Medline*, el incremento es constante a lo largo de todo el período 1985-2005. Si en lugar de los porcentajes anuales, se representa el número de artículos de carácter longitudinal (Figura 2), los resultados muestran el mismo patrón obtenido por

FIGURA 1
PORCENTAJE DE ARTÍCULOS ENCONTRADOS SEGÚN EL DESCRIPTOR LONGITUDINAL (FUENTE: PSYCINFO Y MEDLINE; AÑOS DE PUBLICACIÓN: 1985-2005)

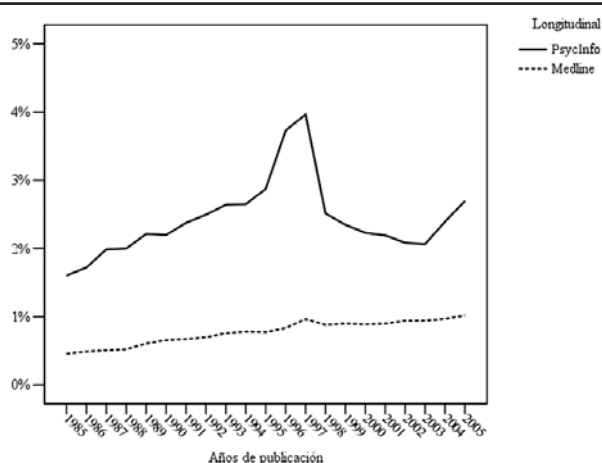
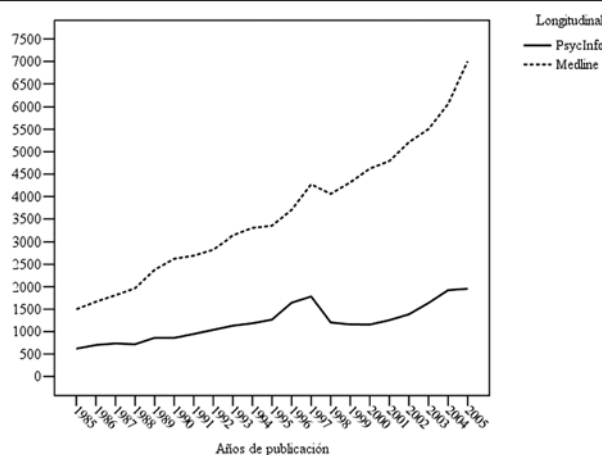


FIGURA 2
NÚMERO DE ARTÍCULOS ENCONTRADOS SEGÚN EL DESCRIPTOR LONGITUDINAL (FUENTE: PSYCINFO Y MEDLINE; AÑOS DE PUBLICACIÓN: 1985-2005)



Singer y Willett (2006): un volumen mayor en *Medline* que incrementa notablemente en los últimos años (1999-2005) y una emergencia por lo longitudinal en 1997 en ambas bases de datos.

Los datos longitudinales requieren métodos estadísticos especiales, dado que las medidas repetidas tienden a intercorrelacionarse y, a su vez, los estudios longitudinales suelen tener datos no balanceados e incompletos. No obstante, las técnicas de análisis clásicas continúan siendo aplicadas. La Figura 3 presenta los porcentajes de artículos de carácter longitudinal que aplican modelos de análisis clásicos en *PsycInfo* y *Medline*, respectivamente: ANOVA, MANOVA, ANCOVA, MANCOVA y regresión múltiple. Con el ANOVA se observa un moderado descenso a lo largo del tiempo en *PsycInfo*, mientras que en *Medline* se da un incremento durante el período 1990-97 y posteriormente se produce un importante descenso. Por otra

parte, en ambas bases de datos, la aplicación de la regresión múltiple se mantiene constante. El resto de modelos analíticos (MANOVA, ANCOVA y MANCOVA) tienen un porcentaje inferior al 1% a lo largo de todos los años.

A partir de la década de los ochenta se desarrollan los modelos mixtos como una alternativa a los análisis clásicos de datos longitudinales (Goldstein, 1989). En la Figura 4 se muestran los porcentajes de los descriptores más comunes del enfoque mixto: modelo mixto, modelo de efectos aleatorios, modelo multinivel y modelo de curva de crecimiento. Todos los porcentajes son muy bajos, tanto en *PsycInfo* (Figura 4a) como en *Medline* (Figura 4b). Sin embargo, en los últimos años se observa un cierto aumento, como queda mejor reflejado en la Figura 5a en la que se agrupan los porcentajes de artículos indexados en *PsycInfo* que utilizan los modelos multinivel, sea

FIGURA 3
PORCENTAJE DE ARTÍCULOS ENCONTRADOS SEGÚN EL DESCRIPTOR LONGITUDINAL COMBINADO CON LOS DESCRIPTORES ANOVA, MANOVA, ANCOVA, MANCOVA Y MULTIPLE REGRESSION (FUENTE: PSYCINFO Y MEDLINE; AÑOS DE PUBLICACIÓN: 1985-2005)

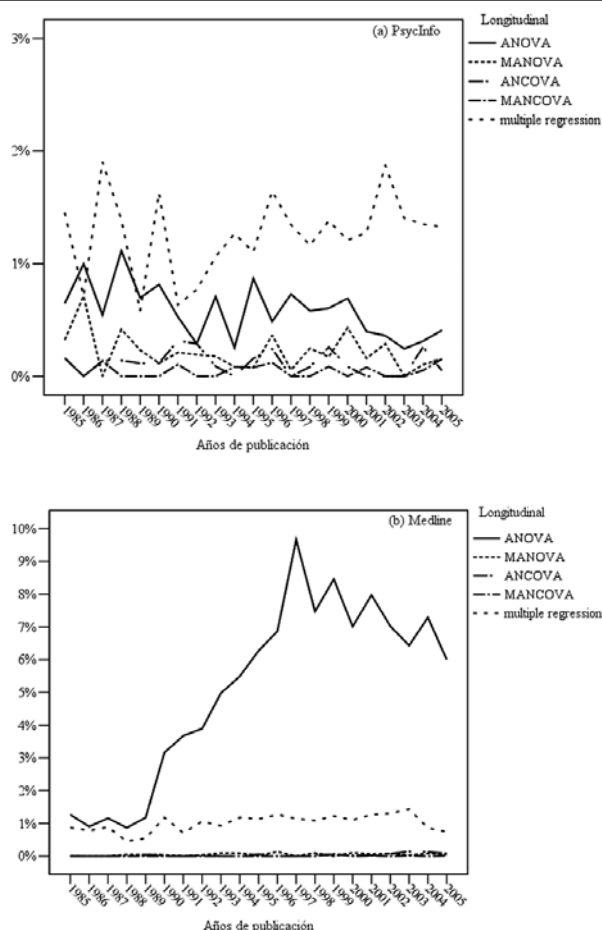
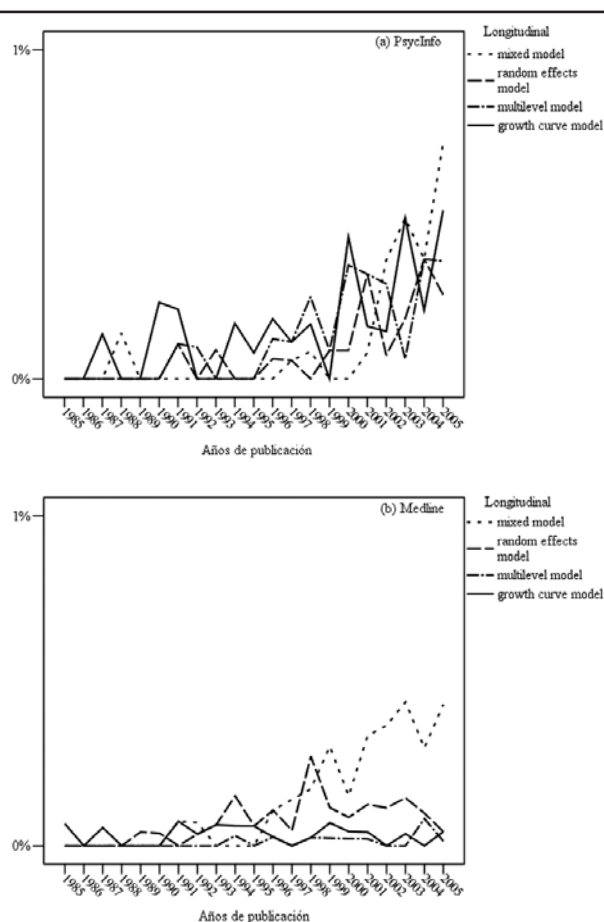


FIGURA 4
PORCENTAJE DE ARTÍCULOS ENCONTRADOS SEGÚN EL DESCRIPTOR LONGITUDINAL COMBINADO CON LOS DESCRIPTORES MIXED MODEL, RANDOM EFFECTS MODEL, MULTILEVEL MODEL Y GROWTH CURVE MODEL (FUENTE: PSYCINFO Y MEDLINE; AÑOS DE PUBLICACIÓN: 1985-2005)



cual sea su descriptor de los detallados en la Figura 4, y se comparan con los porcentajes de uso del ANOVA y MANOVA. Lo mismo ocurre, aunque en menor grado, con la base de datos *Medline* (Figura 5b). Obsérvese, en ambos casos, una disminución del ANOVA. Singer y Willet (2005, 2006) hallaron esta disminución del ANOVA de medidas repetidas al comparar los porcentajes de las publicaciones de los años 1999 (40%) y 2003 (29%) en 10 revistas de la APA.

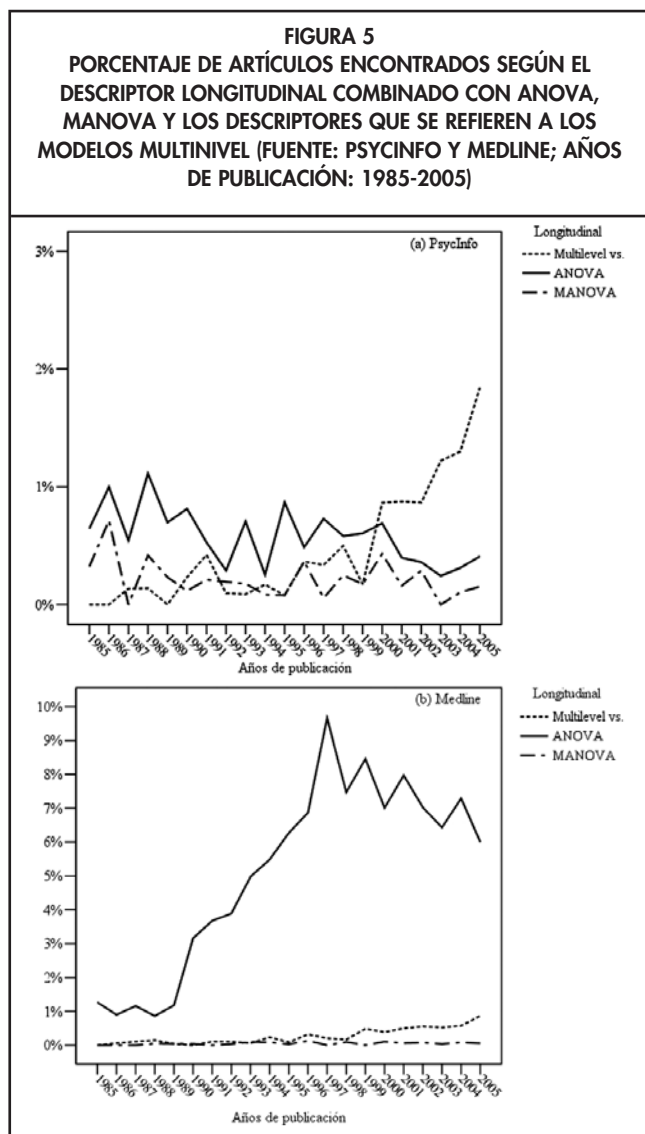
Si por el contrario, en lugar de los porcentajes, se examina el número de publicaciones referentes a los modelos multinivel, queda mejor representado el incremento de estos modelos, siendo en los últimos años superior en *Medline* (Figura 6). Por ejemplo, en el 2005 casi se duplica la cantidad de artículos en *Medline* respecto a *PsycInfo*.

Entre las publicaciones de carácter metodológico sobre los modelos mixtos, la revista *Multivariate Behavioral Research* es

la que aparece con mayor frecuencia en *PsycInfo* a partir del año 2000. En *Medline* son de interés las revistas *Statistics in Medicine* y *Biometrics* que publican preferentemente aplicaciones de los modelos mixtos a datos reales. Siguiendo el trabajo de Catalán-Reyes y Galindo-Villardón (2003), el 55,9% de los artículos identificados con la metodología multinivel en *Medline* corresponden a la aplicación de los modelos mixtos sobre un conjunto de datos; el 9,9% se refieren a trabajos metodológicos, y en el 34,2% restante no fue posible saber a través de la lectura del resumen si se trataba de un trabajo empírico o metodológico.

Otra de las técnicas analíticas para datos longitudinales es conocida por modelos de ecuaciones estructurales. La Figura 7 recoge los porcentajes de los descriptores utilizados para designar esta clase de análisis: modelo de ecuación estructural, modelo de crecimiento latente y modelo de clase latente. Se observa un ligero incremento en la base de datos *PsycInfo* a finales de los noventa que es cuando se aplican estos modelos en mayor medida (Figura 7a). A ello contribuye la revista *Structural Equation Modeling* que se edita desde el año 1994. En el período 2000-05, donde hay un mayor volumen de artículos que aplican los modelos de ecuaciones estructurales es en las revistas *Psychology and Aging*, *Developmental Psychology* y *Child Development*. En cuanto al *Medline*, el porcentaje de publicaciones es escaso, prácticamente nulo (Figura 7b).

El aumento más importante de las técnicas de análisis abordadas, se refiere al uso de la regresión logística. Se observa un crecimiento muy acusado a partir de 2003 en *PsycInfo* (Figura 8a) y a partir de 1996 en *Medline* (Figura 8b). En los últimos años, donde se concentran la mayoría de artículos es en la revista *Journal of Adolescent Health*, seguida de *Archives of General Psychiatry*, *Journal of the American*



Geriatrics Society y *American Journal of Public Health*. En menor medida y de forma más moderada, aparece un ligero incremento del uso de las ecuaciones de estimación generalizada (GEE) a finales del período analizado, en ambas bases de datos.

En cuanto al análisis de series temporales no muestra ningún cambio a lo largo del tiempo. Los respectivos porcentajes son cercanos a cero, tanto en *PsycInfo* (Figura 9a) como en *Medline* (Figura 9b). El principal enfoque para el análisis de series temporales son los modelos ARIMA. Estos modelos son poco utilizados debido a su dificultad en la identificación del modelo y a la gran cantidad de observaciones requeridas antes y después de un evento social o intervención. Bono (2005) en una revisión realizada durante el período 1995-2005 de 20 artículos de cinco revistas de la APA especializadas en evaluación de programas, donde se usan diseños de series

temporales, halla tan solo tres artículos que apliquen un análisis de series temporales.

Por último, los porcentajes del análisis de supervivencia no superan el 1% en *PsycInfo* (Figura 10a) y el 3% en *Medline* (Figura 10b). Paralelamente, el estudio de Singer y Willet (2006) muestra que los análisis de supervivencia son poco utilizados, siendo su aplicación del 2% en 1999 y manteniéndose constante en un 5% durante los años 2003 y 2006. Como puede observarse en la Figura 10b, en el ámbito de la medicina se produce un incremento desde principios de los noventa alcanzando su estabilidad a partir de 1997. En este último período destaca el análisis de supervivencia seguido por la regresión de Cox y el modelo hazard. Estos análisis son apropiados para estudios de seguimiento dentro del ámbito clínico. En este contexto, son de obligada mención las revistas *Statistics in Medicine* y *American Journal of Psychiatry*.

FIGURA 7
PORCENTAJE DE ARTÍCULOS ENCONTRADOS SEGÚN EL DESCRIPTOR LONGITUDINAL COMBINADO CON LOS DESCRIPTORES STRUCTURAL EQUATION MODEL, LATENT GROWTH MODEL Y LATENT CLASS MODEL (FUENTE: PSYCINFO Y MEDLINE; AÑOS DE PUBLICACIÓN: 1985-2005)

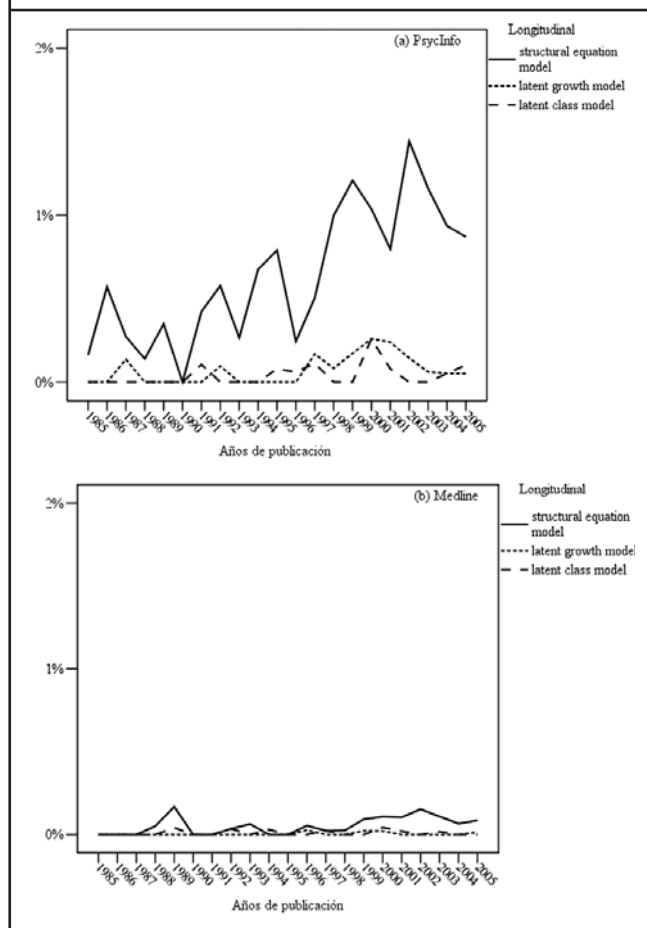
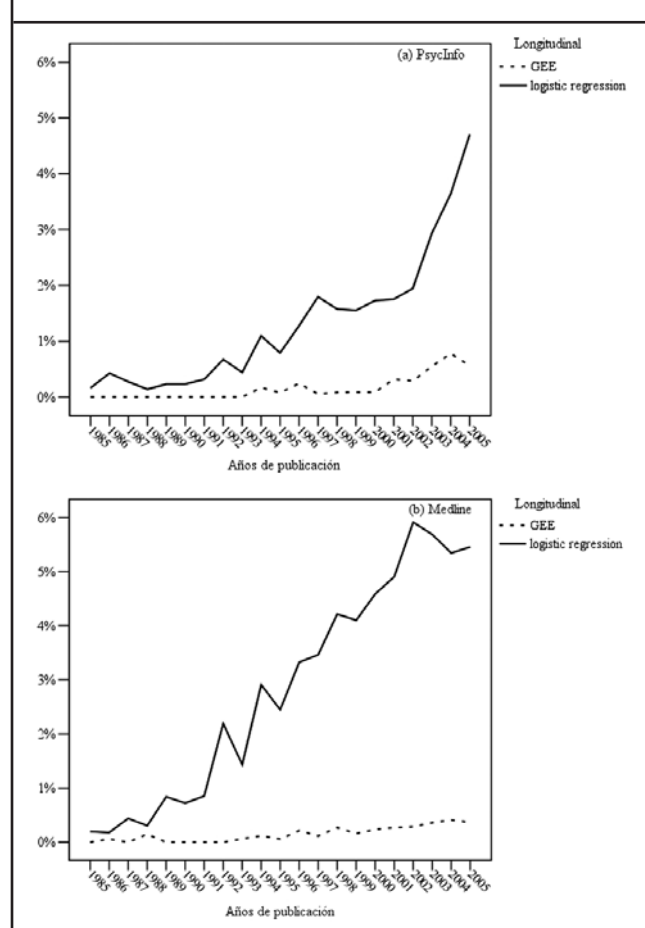


FIGURA 8
PORCENTAJE DE ARTÍCULOS ENCONTRADOS SEGÚN EL DESCRIPTOR LONGITUDINAL COMBINADO CON LOS DESCRIPTORES GEE Y LOGISTIC REGRESSION (FUENTE: PSYCINFO Y MEDLINE; AÑOS DE PUBLICACIÓN: 1985-2005)



DISCUSIÓN

El uso de las técnicas estadísticas clásicas, como el ANOVA de medidas repetidas, tiende a disminuir lentamente en psicología y, de forma más acusada, en el campo de la medicina. Ello se debe a que, en los últimos años, se han introducido instrumentos de cálculo más potentes y métodos más eficaces para el análisis de datos longitudinales. Un procedimiento bastante reciente que va en alza es el modelo mixto o multinivel. El aumento de publicaciones sobre la aplicación de las técnicas multinivel en datos de salud, así como trabajos esencialmente metodológicos en áreas específicas de salud, fundamenta su uso en este contexto.

Los resultados muestran también un crecimiento de las técnicas aplicadas a datos no métricos como la regresión logística. Del mismo modo, los modelos de ecuaciones estructurales aumentan de forma constante en el ámbito de la psicología. Respecto al análisis de supervivencia, se da un notable incremento

en el campo de la medicina. Por el contrario, en psicología, no supera el 1% a lo largo de todo el período revisado. Un menor uso se da en el análisis de series temporales, tanto en el contexto de la psicología como de la medicina.

En un último eslabón, es interesante identificar las revistas en función de las distintas técnicas de análisis. De este modo, es posible saber en qué revistas hay un incremento de los modelos que actualmente están en auge. Los modelos mixtos han quedado patentes en las revistas *Multivariate Behavioral Research*, *Statistics in Medicine* y *Biometrics*. En cuanto a la regresión logística, destaca principalmente la revista *Journal of Adolescent Health*. Un referente de los modelos de ecuaciones estructurales lo constituye la revista *Structural Equation Modeling* y en relación a los análisis de supervivencia cabe destacar la revista *Statistics in Medicine*. Por otra parte, interesaría conocer también qué ámbito específico de la psicología y la medicina ha experimentado un aumento de los modelos de análisis más uti-

FIGURA 9
PORCENTAJE DE ARTÍCULOS ENCONTRADOS SEGÚN EL DESCRIPTOR LONGITUDINAL COMBINADO CON LOS DESCRIPTORES ARIMA Y TIME SERIES ANALYSIS (FUENTE: PSYCINFO Y MEDLINE; AÑOS DE PUBLICACIÓN: 1985-2005)

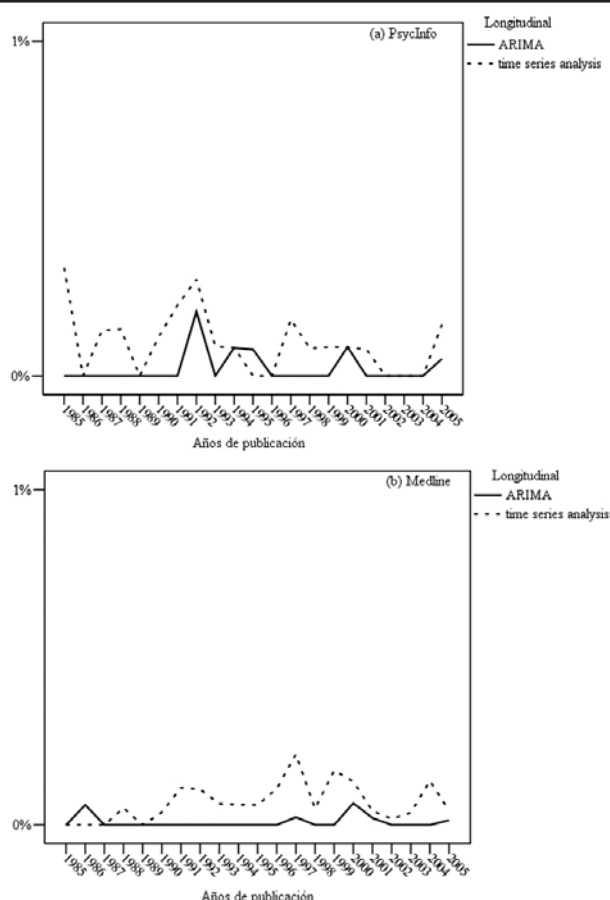
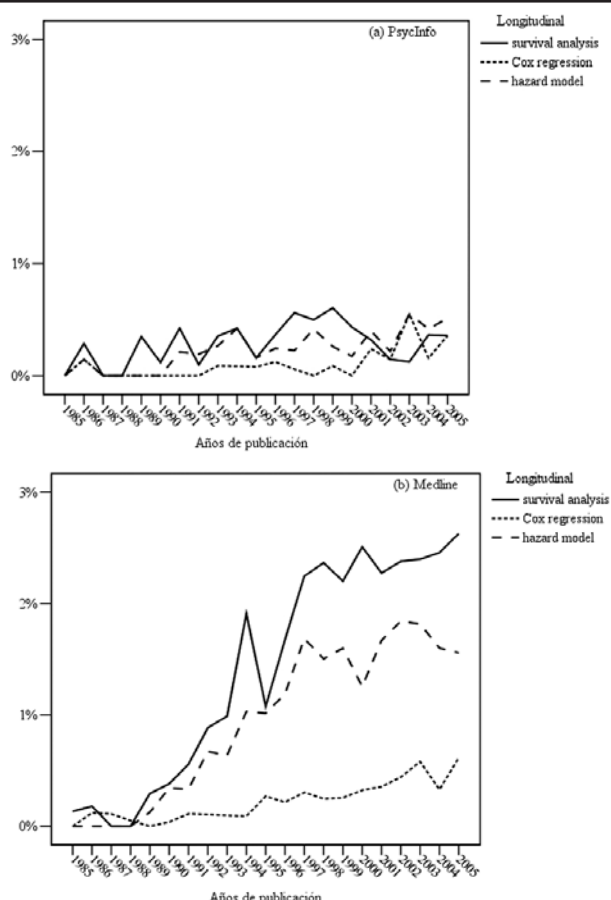


FIGURA 10
PORCENTAJE DE ARTÍCULOS ENCONTRADOS SEGÚN EL DESCRIPTOR LONGITUDINAL COMBINADO CON LOS DESCRIPTORES SURVIVAL ANALYSIS, COX REGRESSION Y HAZARD MODEL (FUENTE: PSYCINFO Y MEDLINE; AÑOS DE PUBLICACIÓN: 1985-2005)



lizados. En este sentido, estudios precedentes han analizado el uso de la metodología multinivel en ciencias de la salud (Catalán-Reyes y Galindo-Villardón, 2003; Diez-Roux, 2000).

Finalmente, destacar que no se han encontrado referencias que contemplen revisiones bibliográficas sobre los modelos de análisis de datos longitudinales que proporcionen una visión general de su nivel de uso en psicología y ciencias de la salud, por lo que consideramos este trabajo un aporte a este campo.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado mediante sendos Proyectos de Investigación concedidos por el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica del Ministerio de Educación y Ciencia (Ref.: SEJ2005-01923/SEJ2005-01883).

REFERENCIAS

- Albert, P. S. (1999). Longitudinal data analysis (repeated measures) in clinical trials. *Statistics in Medicine*, 18, 1707-1732.
- Baltes, P. B., Reese, H. W. y Nesselroade, J. R. (1988). *Introduction to research methods. Life-span developmental psychology*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Blalock, H. M. (Ed.) (1971). *Causal models in the social sciences*. Chicago, IL: Aldine, Atherton.
- Bono, R. (2005). Diseños de series temporales interrumpidas en evaluación de intervenciones. Comunicación presentada al IX Congreso de Metodología de las Ciencias Sociales y de la Salud. Granada.
- Bono, R. y Arnau, J. (2007). Estudios longitudinales en psicología y ciencias de la salud: estado actual. Comunicación presentada al X Congreso de Metodología de las Ciencias Sociales y de la Salud. Barcelona.
- Butler, N. R. y Golding, J. (1986). *From birth to five: A study of the health and behaviour of Britain's 5 year olds*. Oxford: Pergamon Press.
- Capaldi, D. y Patterson, G. R. (1987). An approach to the problem of the recruitment and retention rates for longitudinal research. *Behavioral Assessment*, 9, 169-177.
- Catalán-Reyes, M. J. y Galindo-Villardón, M. P. (2003). Utilización de los modelos multinivel en investigación sanitaria. *Gaceta Sanitaria*, 17, 35-52.
- Cnaan, A., Laird, N. M. y Slasor, P. (1997). Using the general linear mixed model to analyse unbalanced repeated measures and longitudinal data. *Statistics in Medicine*, 16, 2349-2380.
- Chinn, S. (1989). Longitudinal studies: objectives and ethical considerations. *Revue Épidémiologie et de Santé Publique*, 37, 417-429.
- Datan, N., Greene, A. L. y Reese, H. W. (Eds.) (1986). *Life-span developmental psychology: Intergenerational relations*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Davis, C. S. (1998). The analysis of longitudinal studies having non-normal responses. En B. S. Everitt y G. Dunn (Eds.), *Statistical analysis of medical data. New developments*. London: Arnold.
- De Leeuw, J. y Kreft, I. G. G. (1986). Random coefficient models for multilevel analysis. *Journal of Educational Statistics*, 11, 57-85.
- Diez-Roux, A. V. (2000). Multilevel analysis in public health research. *Annual Review Public Health*, 21, 171-192.
- Diggle, P. J., Liang, K. Y. y Zeger, S. L. (1994). *Analysis of longitudinal data*. New York: Oxford University Press.
- Dwyer, J. H., Feinleib, M., Lippert, P. y Hoffmeister, H. (1992). *Statistical models for longitudinal studies of health*. New York: Oxford University Press.
- Edgington, E. (1974). A new tabulation of statistical procedures used in APA journals. *American Psychologists*, 29, 25-26.
- Edwards, L. J. (2000). Modern statistical techniques for the analysis of longitudinal data in biomedical research. *Pediatric Pulmonology*, 30, 330-334.
- Entwisle, B., Mason, W. y Hermalin, H. (1986). The multilevel dependence of contraceptive use on socioeconomic development and family planning program strength. *Demography*, 23, 199-216.
- Fitzmaurice, G. M., Laird, N. M. y Rotnitzky, A. G. (1993). Regression models for discrete longitudinal responses. *Statistical Science*, 8, 284-309.
- Fitzmaurice, G. M., Laird, N. M. y Ware, J. H. (2004). *Applied longitudinal analysis*. New York: John Wiley and Sons.
- Forster, J., Murray, D., Wolfson, M., Blaine, T., Wagenaar, A. y Hennrikus, D. (1998). The effects of community policies to reduce youth access to tobacco. *American Journal of Public Health*, 88, 1193-1198.
- Gill, P. S. (2000). A robust mixed linear model analysis of longitudinal data. *Statistics in Medicine*, 19, 975-987.
- Gjessing, H. J. y Karlsen, B. A. (1989). *A longitudinal study of dyslexia: Bergen's multivariate study of children's learning disabilities*. New York: Springer Verlag.
- Glass, G., Willson, V. L. y Gottman, J. M. (1975). *Design and analysis of time-series experiments*. Boulder, CO: Colorado Associated University Press.
- Goldberger, A. S. y Duncan, O. D. (Eds.) (1973). *Structural equation models in the social sciences*. New York: Seminar Press.
- Goldstein, H. (1989). Models for multilevel response variables with an application to growth curves. En R. D. Bock (Ed.), *Multilevel analysis of educational data*. San Diego, CA: Academic Press.
- Goldstein, H. (2003). *Multilevel statistical models* (3ª ed.). London: Oxford University Press.
- Gregoire, T. G., Brillinger, D. R. y Diggle, P. J. E. (Eds.) (1997). *Modelling longitudinal and spatially correlated data*. New York: Springer Verlag.

- Hedeker, D., McMahon, S., Jason, L. y Salina, D. (1994). Analysis of clustered data in community psychology: with an example from a worksite smoking cessation project. *American Journal of Community Psychology*, 22, 595-615.
- Helms, R. W. (1992). Intentionally incomplete longitudinal designs: I. Methodology and comparison of some full span designs. *Statistics in Medicine*, 11, 1889-1993.
- Hosmer, D. W. y Lemeshow, S. (1989). *Applied logistic regression*. New York: John Wiley and Sons.
- Hox, J. J. (2002). *Multilevel analysis. Techniques and applications*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Jöreskog, K. G. (1979). Statistical estimation of structural models in longitudinal developmental investigations. En: J. R. Nesselroade y P. B. Baltes (Eds.), *Longitudinal research in the study of behaviour and development*. New York: Academic Press.
- Kaplan, G. (1996). People and places: contrasting perspectives on the association between social class and health. *International Journal of Health Services*, 26, 507-519.
- Kennedy, B., Kawach I, Glass, R. y Prothrow-Stith, D. (1998). Income distribution, socioeconomic status and self rated health in the United States: a multilevel analysis. *British Medical Journal*, 31, 917-921.
- Kenny, D. A. (1979). *Correlation and causality*. New York: John Wiley and Sons.
- Keselman, H. J., Carriere, M. C., y Lix, L. M. (1993). Testing repeated measures hypotheses when covariance matrices are heterogeneous. *Journal of Educational Statistics*, 18, 305-319.
- Kowalchuk, R. K., Keselman, H. J., Algina, J. y Wolfinger, R. D. (2004). The analysis of repeated measurements with mixed-model adjusted *F* tests. *Educational and Psychological Measurement*, 64, 224-242.
- Kuchibhatla, M. y Fillenbaum, G. G. (2003). Comparison of methods for analyzing longitudinal binary outcomes: cognitive status as an example. *Aging and Mental Health*, 7, 462-468.
- Landis, J. R., Miller, M. E., Davis, C. S. y Koch, G. G. (1988). Some general methods for the analysis of categorical data in longitudinal studies. *Statistics in Medicine*, 7, 109-137.
- Last, J. M. (2000). *A dictionary of epidemiology* (4ª ed.). New York: Oxford University Press.
- Leung, K., Elashoff, R., Rees, K., Hasan, M. y Legorreta, A. (1998). Hospital and patient related characteristics determining maternity length of stay: a hierarchical linear model approach. *American Journal of Public Health*, 88, 377-381.
- Longford, N. T. (1993). *Random coefficient models*. Oxford, GB: Clarendon Press.
- Louis, T. A. (1988). General methods for analysing repeated measures. *Statistics in Medicine*, 7, 29-45.
- Marubini, E. y Valsecchi, M. G. (1998). *Analysing survival data from clinical trials and observational studies*. New York: John Wiley and Sons.
- Menard, S. (1991). *Longitudinal research*. Newbury Park, CA: Sage.
- Morrison, D. F. (1976). *Multivariate statistical methods*. New York: McGraw-Hill.
- Murray, D. M. y Short, B. (1995). Intraclass correlation among measures related to alcohol use by young adults: estimates, correlates, and applications in interventions studies. *Journal of Studies on Alcohol*, 56, 681-694.
- Nesselroade, J. R. y Baltes, P. B. (Eds.) (1979). *Longitudinal research in the study of behaviour and development*. New York: Academic Press.
- Nicol, A. R. (Ed.) (1985). *Longitudinal studies in child psychology and psychiatry: Practical lessons from research experience*. Chichester, UK: John Wiley and Sons.
- Parmar, M. K. B. y Machin, D. (1995). *Survival analysis. A practical approach*. New York: John Wiley and Sons.
- Rice, N. y Leyland, A. (1996). Multilevel models: applications to health data. *Journal of Health Services Research and Policy*, 1, 154-164.
- Rogan, J. C., Keselman, H. J. y Mendoza, J. L. (1979). Analysis of repeated measurements. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 32, 269-286.
- Ruspini, E. (2002). *Introduction to longitudinal research*. London: Routledge.
- Schulsinger, F., Mednik, S. A. y Knop, J. (Eds.) (1981). *Longitudinal research. Methods and uses in behavioural science*. Hingham, MA: Martinus Nijhoff Publishing.
- Singer, J. D. y Willett, J. B. (2003). *Applied longitudinal data analysis. Modeling change and event occurrence*. New York: Oxford University Press.
- Singer, J. D. y Willett, J. B. (2005). *Longitudinal research: Current status and future prospects*. Consulta 12 de septiembre de 2007 de la World Wide Web: <http://gseweb.harvard.edu/~faculty/singer/Presentations/Longitudinal%20research.ppt>.
- Singer, J. D. y Willett, J. B. (2006). *Longitudinal data analysis: Present status; future prospects*. Consulta 12 de septiembre de 2007 de la World Wide Web: <http://gseweb.harvard.edu/~faculty/singer/Presentations/Longitudinal%20research,%20GCP%202006.ppt>.
- Sixma, H. J., Spreeuwenberg, P. M. y van der Pasch, M. A. (1998). Patient satisfaction with the general practitioner: a two-level analysis. *Medical Care*, 36, 212-229.
- Snijders, T. A. B. y Bosker, R. J. (1999). *Multilevel analysis: An introduction to basic and advanced multilevel modelling*. London: Sage Publications.
- Stevens, J. (1996). *Applied multivariate statistics for the social sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Stolzenberg, L., y D'Alessio, S. J. (2003). "Born to be wild" The effect of the repeal of Florida's mandatory motorcycle helmet-use law on serious injury and fatality rates. *Evaluation Review*, 27, 131-150.
- Twisk, J. W. R. (2003). *Applied longitudinal data analysis for*

- epidemiology. A practical guide. Cambridge: Cambridge University Press.
- Vallejo, G., Arnau, J. y Ato, M. (2007). Comparative robustness of recent methods for analyzing multivariate repeated measures. *Educational and Psychological Measurement*, 67, 1-27.
- Vallejo, G. y Ato, M. (2006). Modified Brown-Forsythe test for analyzing repeated measures designs. *Multivariate Behavioral Research*, 41, 549-578.
- Verbeke, G. y Molenberghs, G. (1997). *Linear mixed models in practice*. New York: Springer Verlag.
- von Eye, A. (Ed.) (1990). *Statistical methods in longitudinal research*, Vol. 1 y 2. San Diego, CA: Academic Press.
- Wall, W. D. y Williams, H. L. (1970). *Longitudinal studies and the social sciences*. London: Heinemann.
- Wang, J., Siegal, H. A., Falck, R. S. y Carlson, R. G. (1998). Needle transfer among injection drug users: a multilevel analysis. *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, 24, 225-237.
- Ware, J. H. y Lipsitz, S. (1988). Issues in the analysis of repeated categorical outcomes. *Statistics in Medicine*, 7, 95-107.
- Watt, N. F., Anthony, E. J., Wynne, L. C., Rolf, J. E. (Eds.) (1984). *Children at risk for schizophrenia: A longitudinal perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.
- White, M. D. (2003). Examining the impact of external influences on police use of deadly force over time. *Evaluation Review*, 27, 50-78.
- Wolfinger, R. D. (1996). Heterogeneous variance-covariance structures for repeated measurements. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 1, 205-230.
- Zeger S. L. y Liang, K. Y. (1992). An overview of methods for the analysis of longitudinal data. *Statistics in Medicine*, 11, 1825-1839.